



La Energía de la Biomasa

ING. MARCO FERNÁNDEZ BACA

- ORIGEN Y GENERACIÓN DE LA BIOMASA
- EL BIOGAS
- EL BALANCE DE LA BIOMASA
- LA BIOMASA Y LA ALIMENTACIÓN

ORIGEN Y GENERACION DE BIOMASA

Se ha mencionado con frecuencia el concepto de energía potencial y los desniveles de potencial. Cuando un resorte está comprimido, allí hay energía elástica potencial, hay una inestabilidad, y al regresar éste a su posición normal, más estable, libera energía en forma de trabajo mecánico, ya sea violentamente, como lo hace el muelle que impulsa un percutor, o el arco que lanza una flecha; ya sea progresivamente, como la cuerda de un reloj, o el de un cierra puertas. En forma análoga cuando hay aire comprimido dentro, de un cilindro de acero, allí también hay energía mecánica potencial, pues cuando se libera el aire, se producirá trabajo mecánico, ya sea en forma violenta, si explota el cilindro causando destrucción; o en forma progresiva, si se deja salir el aire en forma gradual y controlada para hacer funcionar herramientas neumáticas. Ambos son ejemplos de energía potencial mecánica. También lo es el de un reservorio de agua que se mantiene mediante una represa; allí puede haber una enorme energía potencial, si el agua es abundante y

se encuentra en un lugar elevado y existe otro a donde puede descender; si se rompe la compuerta, el agua se precipitará violentamente, como una avalancha, generando trabajo destructivo a su paso; si en cambio, se deja salir el agua en forma controlada, la energía potencial que tiene el reservorio realizará progresiva y controladamente el trabajo mecánico que produzca, por ejemplo, la energía de rotación de una rueda, que también es energía mecánica o sea la energía cinética de rotación (que a su vez puede convertirse en energía eléctrica).

La carga de una batería eléctrica representa un potencial de energía, que es energía química, pues la energía eléctrica que se usó para cargar la batería transformó sustan-

cias químicas estables en otras químicamente menos estables, que están almacenando una energía que mantiene a sus átomos en posiciones de desequilibrio, venciendo a las fuerzas electrostáticas, de la misma manera que lo hace el agua de los reservorios respecto a la fuerza de la gravedad, o los resortes comprimidos respecto a la fuerza elástica. Si por un descuido temerario se unen los bordes de la batería cargada con un alambre metálico, ocurrirá una liberación brusca como cuando se rompe una represa, y el súbito flujo de la energía eléctrica liberada producirá el calentamiento y aun la destrucción

del cable y de la misma batería; pero si se emplea la energía de la misma batería en forma controlada, realizará trabajo útil, haciendo funcionar el arrancador del motor de un automóvil (produciendo energía mecánica), o excitando los filamentos de lámparas para producir luz (energía luminosa) o para calentar la resistencia de un encendedor (energía calorífica).

Algo semejante ocurre, pero en una forma más difícil de comprobar tangiblemente, cuando la energía solar

se convierte en la energía química de las sustancias orgánicas, mediante el proceso varias veces mencionado de la fotosíntesis. La energía potencial química acumulada en las sustancias orgánicas es energía potencial que nor-

malmente es utilizada por los vegetales en todos los procesos de su desarrollo desde que son semillas, en la formación de los tejidos de sus hojas, flores y frutos, etc., mediante el metabolismo que representa sus más delicadas funciones vitales; cuando esa materia orgánica es incorporada al reino animal, aquella energía potencial química se puede transformar con mayor dinamismo en procesos que implican las contracciones elásticas de los músculos y por consiguiente en energía mecánica del movimiento; también se puede convertir en el calor que caracteriza a los animales de sangre caliente, en la luz de las

...*"LA BIOMASA ES UNO DE
LOS RECURSOS IMPORTANTES DE
LA ENERGÍA, ELLA SE ENCUENTRA
EN LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS,
PECUARIOS, AGROINDUSTRIALES Y
URBANOS"*...

luciérnagas o la electricidad de las anguilas.

La energía química potencial acumulada que queda en el mundo vegetal, en los troncos de los árboles, sus ramas, cortezas y su follaje, en los residuos agrícolas, y también en los residuos pecuarios, agroindustriales y urbanos, forman lo que en la actualidad se denomina la energía de la biomasa.

Hoy día se considera la biomasa como uno de los recursos importantes de la energía, sin dejar de ser un hecho que desde las épocas más remotas de la historia ha constituido el primer combustible de la humanidad; la leña se ha utilizado y se sigue usando para la cocción de los alimentos y para la calefacción; el abuso de su empleo ha depredado regiones fértiles en todos los continentes; la política de reforestación es reciente, pero aún continúa la amenaza de la destrucción de los bosques. Si bien, en los países desarrollados y en parte de los que están en vías de desarrollo, ha disminuido el empleo de la leña como combustible doméstico, en cambio se ha intensificado la tala de los bosques para fines industriales, tales como la fabricación del papel y el empleo de las maderas en la construcción de edificaciones y la ebanistería. La leña y las maderas, cualquiera que sea su empleo siempre representan, al igual que el aserrín y las virutas, energía potencial de biomasa, que eventualmente puede arder,

lo que también puede ocurrir con los bosques.

En la Revista Forestal del Perú se han publicado los resultados de evaluaciones de la riqueza forestal del país; dado lo extenso del territorio y la forma irregular como se conduce la explotación maderera, las cifras existentes solamente pueden dar un orden de magnitud como referencia. Los eucaliptos, entre otras especies, representan más del 90% de las áreas cubiertas de plantaciones que tienen aproximadamente mil kilómetros cuadrados. El volumen de madera que se dedicaba recientemente a leña y carbón era del orden de seis mil millones de metros cúbicos.

También contienen energía de biomasa, los productos residuales de las cosechas, tales como el bagazo de la caña, la paja y el polvillo del arroz, etc.; y recientemente se considera la misma energía latente o potencial de los productos de cualquier cosecha, como energía de biomasa, puesto que estos productos son combustibles; después de todo, hay incendios lamentables de depósitos de granos. ¿Puede competir la energía de la biomasa de los productos agrícolas con la energía del petróleo, si se somete a procesos semejantes a la refinación? Es la pregunta que se ha formulado en muchos países que poseen tierras fértiles y climas favorables, pero que tiene escasez de petróleo. En el Brasil se está utilizando alcohol obtenido industrialmente de diferentes productos agrícolas, para

sustituir a la gasolina en su parque automotor. Una primera reflexión sería si se puede comparar la cantidad de energía solar que se acumula en forma de energía de biomasa en el breve período de cultivo y desarrollo de las plantas, por ejemplo de un año entre cosecha y cosecha, con el de los millones de años que duró la acumulación de la misma energía solar en la biomasa posteriormente enterrada y convertida en el petróleo que se extrae actualmente. Las variables a considerar son numerosas e inciertas, y entre ellas aparece la del enorme desperdicio que por causas naturales ha ocurrido a través de milenios; pero, existe un hecho indiscutible, el petróleo es agotable y la biomasa es renovable. La respuesta más certera a cualquier inquietud es la que está buscando Brasil, en un esfuerzo grande y meritorio que, si en un principio resultó sorprendente (la sustitución de gasolina por alcohol), ya parece tener resultados positivos.

EL BIOGAS

Los residuos de la actividad agrícola representan cantidades importantes de biomasa, que se han estado usando como combustible y en algunos casos como materia prima para fabricar productos tales como papel de periódico. Entre aquellos, los desechos de las cosechas del maíz, del arroz, del trigo y de la cebada se han considerado de particular interés, no sólo por su utilización directa como combustibles, sino también por la

posibilidad de someterlos a un proceso natural de descomposición, para producir un gas combustible fácil de manipular, cuya combustión podría ser muy limpia, sin productos contaminantes, y que podría competir con el gas natural y el de refinación. En un estudio acerca de *"El biogas como alternativa energética para zonas rurales"* de J. Verástegui de ITINTEC, se considera que de cada tonelada métrica de desechos de arroz, cebada, maíz o trigo, se pueden obtener 190 metros cúbicos de biogas; se le asigna un poder calorífico de 4,767 kilocalorías por metro cúbico, valor semejante al del gas de alumbrado ($4,600 \text{ Cal/m}^3$) inferior al del gas natural o metano ($9,000 \text{ Cal/m}^3$) o al propano ($21,000 \text{ Cal/m}^3$). Como combustibles brutos, los residuos mencionados podrían producir, si están suficientemente secos, unos 3 millones de kilocalorías por tonelada, o sea algo más del triple de lo que generaría el correspondiente biogas (906,000). Por consiguiente, la alternativa de su uso puede depender de la finalidad que se persigue y en algunos casos de la eficiencia de los hornos y calderos si se usasen el desecho en bruto como combustible, o el correspondiente biogas.

Otro producto orgánico interesante como fuente de energía es el estiércol que se usa suficientemente seco como combustible en las sierras, especialmente en las punas donde la leña es escasa, como ocurre con el estiércol del ganado ovino en Puno. La cantidad de biogas que se puede

obtener de estos residuos, es del orden de 150 metros cúbicos por tonelada métrica de estiércol de ganado ovino o caprino; en cambio el rendimiento del estiércol de aves, que abunda en la costa es de $90 \text{ m}^3/\text{tn.}$; y el de ganado equino, $57 \text{ m}^3/\text{tn.}$; el de ovino, $52 \text{ m}^3/\text{tn.}$ y el de ganado vacuno es menor, $37 \text{ m}^3/\text{tn.}$ En el mencionado estudio se ha considerado el mismo poder calorífico de $4,767 \text{ Cal/m}^3$ para el biogas producido en todos los casos. El potencial calculado por ITINTEC de la biomasa en el Perú en 1977, puede servir como una referencia de magnitud interesante, cuando considera 53 millones de toneladas de estiércol anuales, el 47% del cual procede del ganado vacuno y el 23% es del ovino; y con una capacidad para generar 3.800 millones de metros cúbicos anuales de biogas. Se aprecia también que anualmente quedan unos 5,3 millones de toneladas de residuos de la producción de granos, un 70% de los cuales son desperdicios de maíz, con un potencial de mil millones de metros cúbicos de biogas.

No existe una evaluación de los residuos sólidos combustibles producidos en las ciudades del país, pero se puede asegurar que la basura de las principales capitales es auto-combustible, por el elevado contenido de biomasa, especialmente de papel y residuos alimenticios. Una explotación adecuada podría resultar en un saldo favorable de la disposición de residuos urbanos, si se logra un sistema suficientemente eficiente.

EL BALANCE DE LA BIOMASA

La vida sobre la superficie del planeta deviene completamente de la producción vegetal. Los animales herbívoros se alimentan de los carbohidratos y proteínas que se han generado en las plantas por medio de la fotosíntesis. Los carnívoros obtienen su energía alimentándose de herbívoros. Los organismos que descomponen la materia orgánica, sobre todo bacterias, se alimentan de las plantas y de los animales; de esta manera, los elementos que forman los organismos vivos vuelven a la naturaleza, formando un ciclo.

Más de dos millones de clases de insectos diferentes, alrededor de un millón de especies vegetales, más de veinte mil especies de peces, unas diez mil variedades de aves; sólo por citar unos ejemplos, han aparecido durante los tres mil millones de años transcurridos desde que comenzó la vida y simultáneamente el proceso de la evolución. Los seres vivos forman un conjunto continuo de vida y dependen estrechamente unos de otros. Como dijo un biólogo moderno, D.M. Gates *"todos los seres vivos forman una sola red de protoplasma a través de la cual fluye cíclicamente la materia y la energía"*; esto es más evidente si pensamos en los centenares de miles de microorganismos distintos que flotan invisibles en el aire que se aspira y en el agua, que circulan continuamente entre el ambiente y el interior de los seres vivientes, incluyendo los humanos.

La variedad de especies animales y vegetales es increíblemente grande en la selva amazónica, pero disminuye sustancialmente en los desiertos de la costa y es escasa en las punas de la cordillera, hasta ser prácticamente nula en los nevados perpetuos. Abunda donde hay más agua y humedad, donde hay más calor que frío y donde hay más luz que oscuridad. Por este motivo, la biomasa de la selva es tan grande; está constituida por árboles gigantescos, lianas y enredaderas que compiten por alcanzar la luz de las copas. Coexisten aves e insectos en la frondosidad de los bosques y hay una lluvia constante de hojas muertas y residuos que caen al suelo, donde se descomponen por la acción de ininidad de otros diminutos

seres vivos. En cada centímetro cúbico de esta alfombra es posible encontrar diversos seres convivientes. Esta abundancia de vida es el resultado de la presencia de varios factores favorables: la temperatura cálida y la humedad abundante favorecen los procesos fisiológicos y en consecuencia los ciclos de vida son más cortos, y se repiten con mayor frecuencia, lo cual explica también que haya más mutaciones genéticas. El clima varía muy poco en el interior de los bosques de la selva; y los animales tienen abundancia de frutas, flores o semillas, en consecuencia pueden habituarse a

un régimen fijo de alimentación, y no tienen que hacer frente a la escasez periódica de alimentos. Los sistemas ecológicos maduros y estables como la selva amazónica y otras, requieren menos energía para mantenerse, por unidad de biomasa, que en otras comunidades menos complejas.

Donde aquellos factores son escasos, los ecosistemas dejan de ser estables, disminuye la variedad de especies, aumentan sus reservas de energía por unidad de biomasa y la depen-

dencia entre las comunidades mismas disminuye, a la vez que tienden a organizarse en su lucha para conservar la especie.

LA BIOMASA Y LA ALIMENTACIÓN

Las cifras que se dan a continuación pueden variar según las regiones y las diversas épocas, pero sirven, para ilustrar como es el flujo de la energía del Sol, que después de atravesar la atmósfera terrestre llega hasta la superficie del suelo, donde llega a ser parte de la biomasa, la cual sufre ciclos sucesivos de transformación; pudiendo llegar a convertirse, entre otros, en uno de los factores básicos de la existencia y el bienestar del ser humano: su alimentación.

La energía solar que recibe cada metro cuadrado de la superficie del

... "LOS SISTEMAS
ECOLÓGICOS MADUROS Y
ESTABLES COMO LA SELVA
AMAZÓNICA, REQUIEREN MENOS
ENERGÍA PARA MANTENERSE,
POR UNIDAD DE BIOMASA, QUE
OTRAS COMUNIDADES MENOS
COMPLEJAS." ...

suelo durante un año es equivalente a 1,7 millones de kilocalorías (1,7 Cal/año, m²) en promedio.

La vegetación, mediante el proceso de la fotosíntesis absorbe el 5,2% de aquella energía y forma materia orgánica, biomasa, que contiene solamente 1,2% de la energía solar.

Una parte de esta biomasa (el 51%) se consume en los procesos vitales, y su energía se elimina en la respiración, dejando un saldo de biomasa que contiene 0,53% (o sea 0,43% de 1,2%) de la energía solar primitiva.

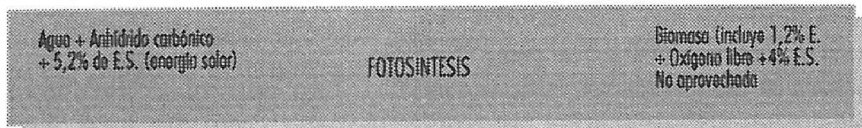
Los animales herbívoros aprovechan una parte de la energía de la biomasa con que se alimentan para formar su propia biomasa, más de la mitad de la cual consumen para vivir, eliminando su correspondiente ener-

gía mediante su mecanismo respiratorio, y dejan un saldo neto de biomasa que contiene el 0,088% de la energía solar primitiva, o sea una sexta parte de la energía que tomaron de las plantas.

Las especies carnívoras (entre ellas el hombre, cuando algo más del 99% de su historia fue cazador de especies silvestres) fijan alrededor del 27% de la energía de la biomasa que han aprehendido (devorado); el 81% de la cual consumen y disipan con su respiración, y se quedan con un saldo de biomasa que contiene el 0,0044% de la energía solar primitiva.

En cuanto se refiere a la alimentación de los seres humanos esa eficiencia cambió hace unos diez mil años, cuando la humanidad dejó de depender de la caza de animales sil-

ENERGIA ELIMINADA MEDIANTE LA RESPIRACION DE LOS SERES VIVOS



FORMACION DE BIOMASA MEDIANTE EL PROCESO DE LA FOTOSINTESIS



BALANCE DE LA ENERGIA SOLAR DEPOSITADA EN 1 METRO CUADRADO DEL SUELO DURANTE UN AÑO

	Kilocalorías	%
Energía que incide el suelo	1,7 millones	100,0000%
Vegetación:		
Absorbe para fotosíntesis (rendimiento 24%)	88000	5,2000%
Fija como biomasa	21000	1,2000%
Consumen (respiración)	12000	0,7000%
Producción neta de biomasa	9000	0,5300%
Herbívoros:		
Fijan como biomasa	3300	0,1900%
Consumen (respiración)	1900	0,1120%
Producción neta de biomasa	1500	0,8800%
Carnívoros:		
Fijan como biomasa	400	0,0230%
Consumen (respiración)	325	0,0190%
Producción neta de biomasa	75	0,0044%

vestres para alimentarse, y se dedicó a la agricultura, a la domesticación de especies vegetales y animales, simplificando la cadena de alimentación descrita anteriormente y sobre todo aumentando la eficiencia del aprovechamiento de la energía solar. Nuevamente se van a mencionar algunas cifras aproximadas para dar una idea de la energía que contiene la biomasa que consume el ser humano para alimentarse en la época actual. Si se redondea la eficiencia de la fotosíntesis al 1% (pastos, cultivos de cereales, etc.), y que el ganado (especies domesticadas) convierte un 10% de la biomasa que consume en carne de consumo humano, de cuya energía el hombre utiliza un 10%, se puede aceptar que éste aprovecha como máximo una diez milésima

(0,01%) de la energía solar que incide durante un año en un metro cuadrado de suelo agrícola cultivado. ¿Cuántos metros cuadrados de tierra agrícola se necesitan para alimentar a una persona? Es la pregunta natural a la que conducen los resultados anteriores.

Una persona completamente sedentaria consume unas 1,300 kilocalorías diarias; necesita el doble si tiene una actividad moderada; en los lugares fríos puede requerir el triple.

Tomando un promedio de 3,000 kilocalorías diarias y recordando que se acaba de decir que el hombre solamente aprovecha en la cadena de la alimentación una diez milésima de la energía solar que incide en el suelo,

se deduce que requerirá 30 millones de kilocalorías de energía solar diarias, y al año, 365 veces más o sea diez mil millones de kilocalorías al año; se había comenzado indicando que en cada metro cuadrado del suelo inciden anualmente 1,7 millones de kilocalorías solares; dividiendo estos números se obtiene que se necesitan 6,440 metros cuadrados, aproximadamente 2/3 de hectárea para alimentar a una persona. Las estadísticas aseguran que en el mundo hay unos 1,600 millones de hectáreas dedicadas a la agricultura y unos 2,000 millones de hectáreas dedicadas a pastos para la ganadería, o sea 3,600 millones de hectáreas. Con la energía de biomasa de esa extensión, habría alimentación para unos 6 mil millones de personas, o sea para un 33% más de la actual población, si es que se considerara el promedio de 3 mil calorías diarias por individuo. Si se estima un potencial adicional de 6 mil millones de hectáreas, y se aumentase la eficiencia de producción de alimentos, es decir se lograra elevar la cantidad de biomasa producida, vegetal y animal, evitándose el desperdicio de energía en las etapas de transformación, se podría disponer de alimentos para el doble de la actual población del mundo. Sin embargo, en muchas regiones del mundo, y desde luego en el Perú, hay gente que subsiste con menos de 2.000 calorías diarias con sacrificio de su rendimiento en la activa sociedad contemporánea. Si se conoce la magnitud de tierras para la agricultura y ganadería en el Perú, es fácil estimar

en forma análoga, la población que podría vivir exclusivamente de su producción agrícola y pecuaria.

La biomasa también puede obtenerse de los océanos, especialmente para incrementar la producción de proteínas, si es que se explota con eficiencia, no solamente la riqueza ictiológica, sino también el plancton; ambos recursos contienen fracciones semejantes de la primitiva energía solar, que representa el factor dominante de la alimentación.